

تحديد السمك الأمثل للعازل الحراري لحوائط المباني في ثلاث مدن ليبية على أساس التحليل الاقتصادي لحمل التدفئة الكهربائية

عمار قويشة وعبد الرؤوف النعاس وسامح الغول

قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، كلية الهندسة، جامعة طرابلس، ليبيا
E-mail s.alghoul@uot.edu.ly

ABSTRACT

In an effort to reduce energy consumption in residential buildings, numerous studies have been conducted in different countries in order to determine the optimal thickness of the thermal insulation of external walls. In this study, Rockwool and Polystyrene were used as insulation materials of external building walls located in three cities from different climate zones in Libya (Tripoli, Sabha and Yefren). The optimization is based on the analysis of life cycle cost. Depending on the type of insulation, the kWh cost of electricity and the climate zones, the results show that the optimum thickness of insulation ranges from 7.2 cm to 14.7 cm with an amount of energy savings between 6.6 – 16.2 LD/m². The payback periods were calculated to be 1.5 to 2.3 years. The highest value in energy saving is found in the city of Yefren where polystyrene was used. In addition, results showed that the polystyrene insulation was the favourite in all locations. The study also showed that the current subsidized price of electricity does not encourage consumers to seek means to save energy by using thermal insulations.

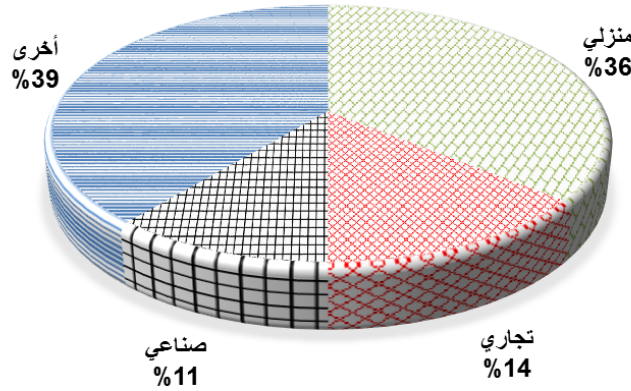
المخلص

في محاولة لتخفيض استهلاك الطاقة في المباني السكنية، أجريت العديد من الدراسات في دول مختلفة بهدف تحديد السمك الأمثل للعازل الحراري للجدران الخارجية. تم في هذه الدراسة استخدام الصوف الصخري والبولسترين كمادة عازلة للجدران الخارجية لمباني سكنية تقع في ثلاث مدن ليبية مختلفة الظروف المناخية وهي طرابلس وسبها ويفرن وتمت عملية تحديد السمك الأمثل على أساس تحليل تكلفة دورة الحياة. اعتماداً على نوع العازل وتكلفة كيلواط-ساعة من الكهرباء والمناطق المناخية في حالة التدفئة، تشير النتائج إلى أن السمك الأمثل للعازل الحراري يتراوح بين 7.2 و 14.7 سم بتوفير في استهلاك الطاقة للمتر المربع تراوح بين 6.6 إلى 16.2 دينار ليبي وبفترة استرداد جيدة من 1.5 إلى 2.3 سنة. وجد أن أعلى قيمة في توفير الطاقة كانت في مدينة يفرن وذلك عندما تم استخدام البولسترين كمادة عازلة. بالإضافة إلى ذلك أظهرت النتائج أن عازل البولسترين كان هو المفضل في جميع المواقع. كما أوضحت الدراسة أيضاً أن الأسعار الحالية المدعومة للكهرباء لا تعطي حافزاً للمستهلك للبحث عن سبل توفير الطاقة باستخدام العوازل الحرارية.

الكلمات الرئيسية: العوازل الحرارية؛ السمك الأمثل للعازل؛ تحليل تكلفة دورة الحياة؛ درجات-أيام التدفئة.

المقدمة

يعد الطلب المتزايد على الطاقة في القطاع السكني من أعلى وأهم الطاقات الكلية المستهلكة في العديد من الدول [1]. فعلى سبيل المثال، في ليبيا وصلت نسبة استهلاك الطاقة في القطاع السكني في عام 2012 إلى 36% من إجمالي قدرة إنتاجية تصل إلى 5,981 MW وبباقى نسب موزعة كما هو مبين في الشكل (1) وهذا الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية الذي بلغ 33,980 GWh إجمالاً في 2012 من المتوقع أن يتزايد ليصل بحلول عام 2017 إلى 48,497 GWh مسجلاً ارتفاعاً واضحاً في معدل نمو الطلب بمقدار 29.9% [2].



شكل 1: توزيع نسب استهلاك الطاقة في عام 2014

الواضح جلياً في البيانات السابقة أن تقليل استهلاك الطاقة سواء في المباني السكنية أو الإدارية وغيرها له أثر كبير في الحفاظ على الطاقة، وحماية البيئة. جزء كبير من الطاقة المستهلكة في القطاع السكني يتم استهلاكه بواسطة منظومات التدفئة والتبريد. وقد أصبح استخدام العوازل الحرارية للمباني عنصراً أساسياً في إدارة استهلاك الطاقة ومجال كفاءة الطاقة. إذ أن التقليل من الفواقد الحرارية من المباني في الظروف الجوية الباردة أو كمية الحرارة المكتسبة في فصل الصيف له أثر كبير في الحد من استهلاك الطاقة. وقد ركز العديد من البحوث على الاحتياجات السنوية لأحمال التدفئة والتبريد للمباني بطريقة تحليل تكلفة دورة الحياة (Life Cycle Cost Analysis) المعتمد على درجات-أيام التدفئة والتبريد (Degree-Days) في محاولة لتحديد السمك الأمثل للعازل الحراري للجدران والأسقف الذي يحقق معدل لانتقال الحرارة خلال وحدة المساحة بأقل تكلفة للطاقة والعازل معاً.

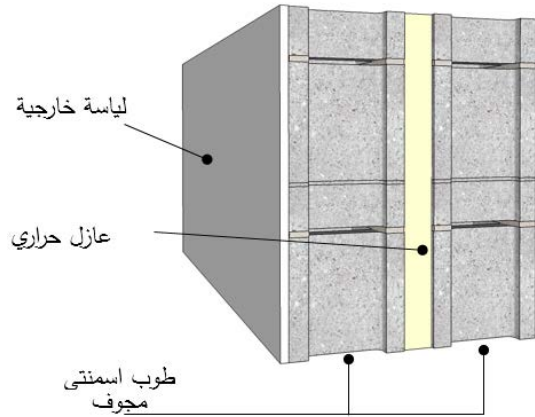
قام بولاترك بحساب السمك الأمثل للعازل والتوفير في الطاقة وفترة استرداد تكلفة العازل لعدد 16 مدينة تركية مختارة من 4 أقاليم مختلفة الظروف المناخية. وتوصل إلى أن السمك الأمثل للعازل لجدران مختلفة في تركيا يتراوح من 2 cm إلى 17 cm في مقابل توفير للطاقة يتغير من 22% إلى 79% [3]. وقارن السلال نوعين مختلفين من عوازل الأسقف ووجد أن فترة استرداد تكلفة العازل في المناخ البارد أقل منه في الدافئ [4]. وفي دراسة ركزت على أربع مناطق رئيسية في الصين، قام يو وآخرون بدراسة السمك الأمثل للعزل بالاعتماد على خمسة أنواع مختلفة من المواد العازلة. وجدوا أن السمك الأمثل يتراوح بين 0.053 m و 0.236 m وكانت فترة استرجاع التكلفة الأولية للعزل بين 1.9 إلى 4.7 سنوات [5]. وفي تونس درس دواس وآخرون السمك الأفضل لعازل البولسترين بطريقتين مختلفتين أحدهما طريقة درجات-أيام [6-7]. وأشارت الأخيرة أن السمك الأمثل للبولسترين يقدر بـ 5.7 cm وبفترة استرداد 3.11 سنة. ووجد فرزان وآخرون أن مقدار نسبة التوفير في الطاقة بعزل جدران المباني الخارجية في إيران بمادتي البولسترين والصوف الزجاجي هي 46% و 47% على الترتيب [8]. وقام يوكر وبالو بمقارنة أربعة جدران مختلفة من حيث طريقة تركيب العازل. ووجدوا أن أكبر قيمة توفير للطاقة يمكن الحصول عليها في حال كون الجدار يتكون من طبقتين من الطوب بينهما تجويف محشو بعازل حراري [9].

سيتم في هذه الدراسة، إجراء تحليل حراري-اقتصادي على أساس حمل التدفئة لتحديد السمك الأمثل لعوازل الجدران الخارجية، ومقدار التوفير في الطاقة، وفترة استرداد تكلفة العزل الحراري لثلاث مدن مختلفة الظروف المناخية في ليبيا. وهي: طرابلس، وسبها، ويفرن وذلك باستخدام نوعين من المواد العازلة: بولسترين، والصوف الصخري. مع الأخذ في الاعتبار دراسة تأثير سعر الكيلوواط-ساعة للطاقة الكهربائية المستخدمة في تدفئة المباني على السمك الأمثل للعازل.

التركيب الإنشائي للجدار الخارجي

يتكون الجدار المستخدم في هذه الدراسة من خمس طبقات بحيث يكون العازل الحراري في المنتصف بين حائطين من الطوب الإسمنتي كما هو موضح في الشكل (2). وكما ذكرنا سابقا فقد تم اختيار موقع العازل بناء على دراسة سابقة ركزت على موقع العازل في الجدار [9]. الجدول (1) يوضح مواصفات الطبقات المختلفة التي يتكون منها الجدار الخارجي بالإضافة إلى قيم المقاومة الحرارية لطبقتي الهواء الداخلي والخارجي. كما ذكر سابقا فإنه سيتم استخدام نوعين من العوازل في هذه الدراسة: البولسترين والصوف الحراري. ويتميز الأول عن الثاني بموصلية حرارية أقل بينما يتميز

الثاني بتكلفة أقل. الجدول التالي يوضح خواص وأسعار العوازل المستخدمة في هذه الدراسة والتي تم الحصول عليها من السوق المحلي.



شكل 1: المكونات الرئيسية للجدار

الجدول 1: قيم الموصلية الحرارية والسمك والمقاومة الحرارية لطبقات الجدار [10]

المقاومة الحرارية ($m^2 \cdot ^\circ C/w$)	السمك (m)	الموصلية الحرارية $w/m \cdot ^\circ C$	الطبقة
0.12	-	-	طبقة الهواء الداخلية
0.0278	0.02	0.72	طبقة إسمنتية (Plaster)
0.1927	0.2	1.038	طوب
جدول (2)			مادة عازلة
0.1927	0.2	1.038	طوب
0.0278	0.02	0.72	طبقة إسمنتية (Plaster)
0.044	-	-	طبقة الهواء الخارجية

جدول 2: خواص المواد العازلة المستخدمة في هذه الدراسة

السعر (LD/ m^3)	الموصلية الحرارية (W/m.K)	الكثافة (kg/m^3)	المادة العازلة
203	0.033	32	بولستيرين (Polystyrene)
170	0.045	52	الصوف الصخري (Rockwool)

الحرارة المفقودة خلال الجدران الخارجية

تم إعداد نموذج رياضي بهدف حساب كمية الحرارة المنتقلة عبر الجدران وذلك اعتمادا على تركيبة الجدار الموضحة في الشكل (2). ويعطى معدل انتقال كمية الحرارة خلال وحدة المساحة بالعلاقة التالية:

$$q = U \Delta T \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (1)$$

حيث U هو معامل انتقال الحرارة الكلي، و ΔT هو الفرق في درجات الحرارة بوحدة $^{\circ}\text{C}$. وبالتالي فإن كمية الحرارة المنتقلة سنويا خلال وحدة المساحة اعتمادا على قيمة درجات-أيام التدفئة تعطى بالمعادلة التالية:

$$q_A = 86,400 \text{ HDD } U \text{ (J/m}^2\text{)} \quad (2)$$

حيث تم حساب درجات-أيام التدفئة HDD بناء على درجة الأساس 18°C لجميع المدن التي شملتها الدراسة وذلك باستخدام درجات الحرارة اليومية التي تم الحصول عليها من المركز الوطني للإرصاد [11]. الجدول (3) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها لدرجات-أيام التدفئة في مدينة طرابلس، ويفرن، وسبها.

جدول 3: قيمة درجات-أيام التدفئة للمدن التي شملتها الدراسة [13]

يفرن	سبها	طرابلس	
جبلي	صحراوي شديد الجفاف	بحر متوسط	الإقليم الجغرافي
1012	465	558	درجات-أيام التدفئة

عليه فإن الاستهلاك السنوي من الطاقة اللازمة للتدفئة يمكن تقديره بالمعادلة التالية:

$$E_A = \frac{86,400 \text{ DD } U}{\eta_s} \text{ (J/m}^2\text{)} \quad (3)$$

حيث η_s هي كفاءة منظومة التدفئة. معامل انتقال الحرارة الكلي U يحسب بدلالة مقاومات الطبقات المختلفة من المعادلة التالية:

$$U = \frac{1}{R_i + R_w + R_{ins} + R_o} \text{ (W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)} \quad (4)$$

حيث R_i و R_w و R_{ins} و R_o تمثل المقاومات الحرارية لكل من: طبقة الهواء الداخلية، والطوب الإسمنتي مع اللياسة، والعازل الحراري، وطبقة الهواء الخارجية على الترتيب. كما يمكن كتابة المعادلة السابقة على الصورة:

$$U = \frac{1}{R_{wt} + R_{ins}} \quad (W/m^2 \cdot ^\circ C) \quad (5)$$

وذلك باعتبار R_{wt} المقاومة الحرارية لكافة طبقات الجدار باستثناء المقاومة الحرارية للعازل. بالتالي فإن قيمة الطاقة اللازمة للتدفئة سنويا كدالة في سمك العازل x_{ins} وموصلية الحرارية k_{ins} تكون معرفة كالتالي:

$$E_A = \frac{86,400 DD}{(R_{wt} + x_{ins}/k_{ins}) \eta_s} \quad (J/m^2) \quad (6)$$

السمك الأمثل للعازل

لإيجاد السمك الأمثل للعازل، سيتم في هذه الورقة استخدام طريقة تحليل تكلفة دورة الحياة (Life Cycle Cost Analysis). والتي تعتمد على إيجاد السمك الذي يكون عنده مجموع التكلفة الكلية للعازل والطاقة المستهلكة في فترة زمنية محددة أقل ما يمكن. لحساب تكلفة التدفئة السنوية لوحدة المساحة C_A نستخدم المعادلة التالية:

$$C_A = \frac{86,400 DD C_e}{3.6 \times 10^6 (R_{wt} + (x_{ins}/k_{ins})) \eta_s} \quad (DL/m^2) \quad (7)$$

حيث إن C_e هي تكلفة الكهرباء بالدينار الليبي لكل كيلوواط-ساعة. الجدول التالي يوضح القيم المستخدمة في هذه الورقة.

جدول 4: خصائص وتكلفة الوقود المستخدم [12]

نوع الطاقة	الكفاءة	التكلفة الحالية (LD/kWh)	التكلفة بسعر الوقود المحلي (LD/kWh)	التكلفة بسعر الوقود الدولي (LD/kWh)
كهربائية	0.99	0.02	0.097	0.467

تكلفة الطاقة الكلية للتدفئة على مدى N من السنوات يتم تحويلها إلى القيمة الحالية وذلك بضربها في معامل القيمة الحالية (Present worth factor) والمعرف بالمعادلة التالية:

$$PWF = \frac{N}{1 + i} \quad (8)$$

حيث i هو قيمة معدل الفائدة.

لحساب تكلفة العازل لوحدة المساحة نستخدم المعادلة التالية:

$$C_{ins} = C_i x_{ins} \quad (DL/m^2) \quad (9)$$

وتكون التكلفة الكلية للعازل والطاقة على مدى N من السنوات كالتالي [9]:

$$C_t = C_A PWF + C_{ins} \quad (DL/m^2) \quad (10)$$

بإجراء التفاضل للمعادلة السابقة بالنسبة لسمك العازل ومساواتها بالصفر نتحصل على علاقة حساب السمك الأمثل للعازل على النحو التالي:

$$x_{opt} = \left(\frac{86400 DD C_f PWF k}{C_i \eta_s} \right)^{1/2} - k \cdot R_{Wt} \quad (m) \quad (11)$$

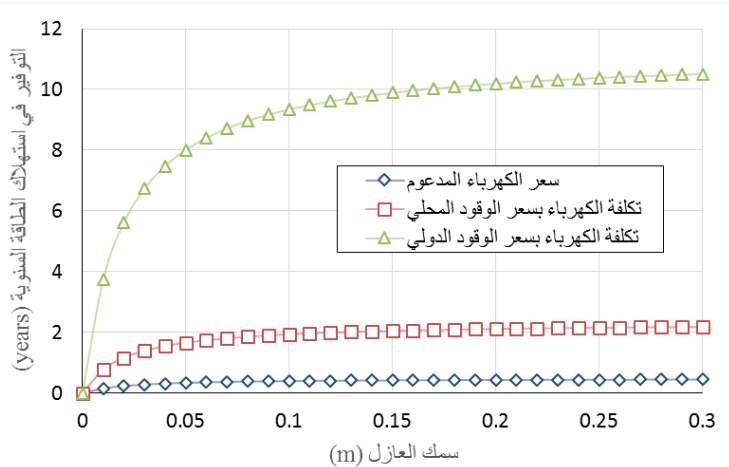
وتحسب تكلفة الطاقة الكلية الموفرة S بعد تركيب العزل من العلاقة التالية:

$$S = C_{t(no\ insulation)} - C_{t(opt.Thickness)} \quad (DL/m^2) \quad (12)$$

ولحساب فترة استرداد التكلفة الإضافية الناتجة من تركيب العازل الحراري في الجدران يتم قسمة تكلفة العازل على تكلفة الطاقة السنوية الموفرة من تركيب العازل الحراري.

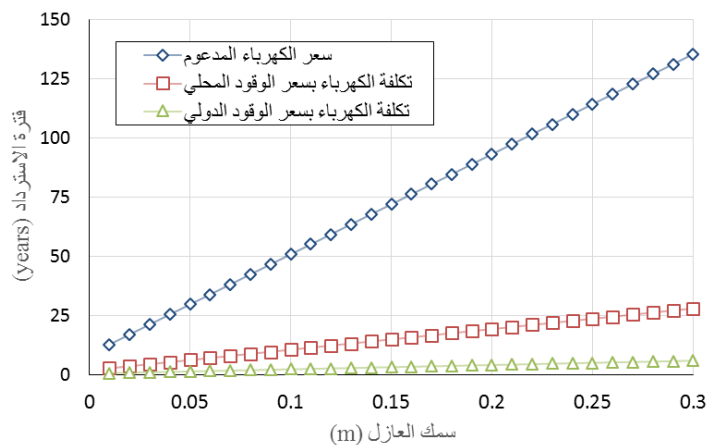
النتائج والمناقشة

قبل البدء في مناقشة النتائج المتعلقة بسمك العازل، هناك موضوع مهم يجب أخذه في الاعتبار ألا وهو تكلفة الكهرباء في ليبيا وتأثيرها على أهمية استخدام العزل الحراري في المباني. الشكل (3) يوضح العلاقة بين سمك العازل والتوفير في تكلفة استهلاك الطاقة السنوية لأسعار مختلفة للكيلوواط-ساعة. ففي حالة سعر الكهرباء المدعوم، نلاحظ من الشكل أن إضافة العازل ليس له تأثير مشجع من الممكن أن يظهر أثره على فاتورة المستهلك في مقابل ما تم إنفاقه على تركيب العازل. بينما في حالة أن سعر الكهرباء بتكلفة الوقود الدولية، فإن زيادة سمك العازل تؤدي إلى توفير كبير في استهلاك الطاقة يصل إلى حوالي 10 دينار للمتر المربع.



شكل 3: التوفير في استهلاك الطاقة السنوية بأسعار كهرباء مختلفة باستخدام عازل البولستيرين في مدينة طرابلس

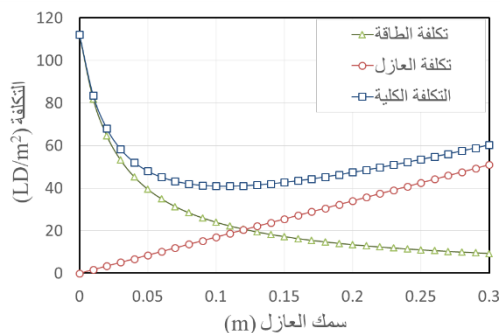
تعتبر فترة الاسترداد من أهم العوامل المؤثرة لاتخاذ قرار استخدام العازل من عدمه. فكما هو مبين في الشكل (4) فإن فترة الاسترداد تزداد بزيادة سمك العازل وتتناقص بزيادة سعر الطاقة. على سبيل المثال، فإنه في حالة استخدام عازل بسمك 10 سم فإن فترة الاسترداد بأسعار الكهرباء الدولية والمحلية والمدعومة هي 2 و 10 و 51 سنة على التوالي. بناء على ما سبق فإنه سيتم استخدام تكلفة الكهرباء على أساس أسعار الوقود الدولية لكي يتم الحصول على نتائج واقعية تعكس قيم الطاقة الفعلية التي يمكن توفيرها جراء استخدام العازل الحراري.



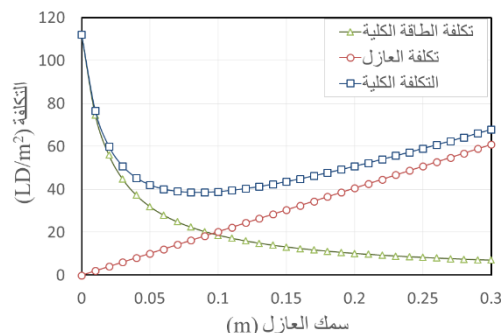
شكل 4: فترة الاسترداد بأسعار كهرباء مختلفة باستخدام عازل البولستيرين في مدينة طرابلس

يوضح الشكل (5) النتائج التي تم الحصول عليها للعلاقة بين سمك العازل وتكلفة الطاقة المستهلكة والتكلفة الكلية بمدينة طرابلس في حالة التدفئة وبسعر تكلفة الكهرباء الدولي. من الشكل يتضح أن التكلفة الكلية تتناقص بزيادة سمك العازل بسبب التقليل من تكلفة الطاقة حتى تصل إلى أقل قيمة، تبدأ بعدها في الازدياد بسبب الزيادة المستمرة في سمك العازل. هذه النقطة التي تكون

عندها التكلفة الكلية أقل ما يمكن هي النقطة التي يتم عندها حساب السمك الأمثل. في هذه الحالة وجد أن سمك العازل 8.5 سم في حالة استخدام البولسترين و 10.7 سم في حالة استخدام الصوف الصخري.



ب - استخدام الصوف الصخري



أ - استخدام البولسترين

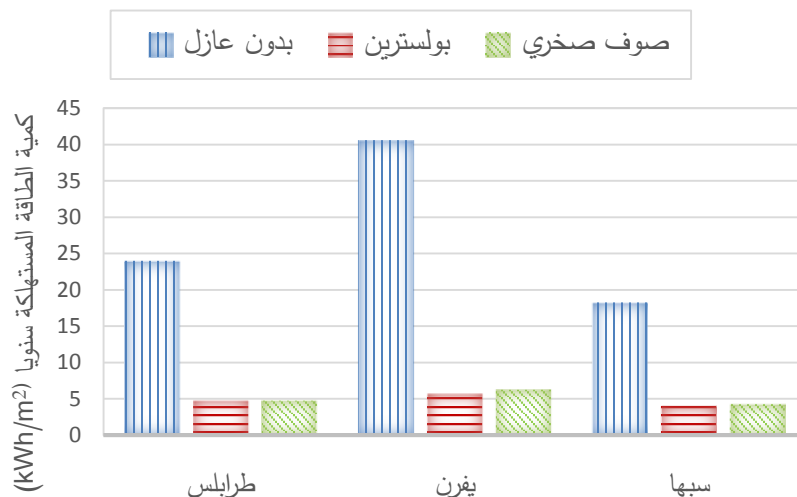
شكل 5: العلاقة بين سمك العازل والتكلفة لمدينة طرابلس

يوضح الجدول (5) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها بالمدن الثلاث. ففي مدينة طرابلس وجد أن مقدار التوفير في تكلفة الطاقة للمتر المربع حوالي 9 دينار في السنة الواحدة بينما كانت التكلفة الكلية للطاقة والعازل بين 38.6 إلى 40.9 دينار للمتر المربع. أما بالنسبة لفترة الاسترداد فقد تراوحت بين 1.9 سنة للبولسترين وستان للصوف الحراري. بالنسبة لمدينة يفرن، فإن النتائج قد أظهرت أنه في حالة استخدام البولسترين وجد أن السمك الأمثل للعازل 11.7 سم وبتكلفة مقدارها حوالي 24 دينار للمتر المربع. وكانت فترة الاسترداد 1.5 سنة. أما في حالة استخدام الصوف الحراري، فقد وجد أن السمك الأمثل 14.7 سم بتكلفة 25 دينار ليبي للمتر المربع وبفترة استرداد 1.6 سنة.

جدول 5: نتائج السمك الأمثل لعزل الحوائط

فترة الاسترداد years	التكلفة الكلية LD/m ²	التوفير في تكلفة الطاقة LD/m ² /yr	تكلفة العازل LD/m ²	السمك الأمثل cm	العازل	المدينة
1.9	38.6	9.1	17.3	8.5	البولسترين	طرابلس
2.0	40.9	8.9	18.1	10.7	الصوف الصخري	
1.5	51.4	16.2	23.7	11.7	البولسترين	يفرن
1.6	54.6	16.0	25.0	14.7	الصوف الصخري	
2.2	33.2	6.7	14.6	7.2	البولسترين	سبها
2.3	35.1	6.6	15.3	9.0	الصوف الصخري	

وأخيراً في مدينة سبها، وجد أن السمك الأمثل للعازل عند استخدام البولسترين هو 7.2 سم بتكلفة مقدارها حوالي 14.6 دينار للمتر المربع. وكانت فترة الاسترداد 2.2 سنة. أما في حالة استخدام الصوف الحراري، فقد وجد أن السمك الأمثل 9.0 سم بتكلفة 15.3 دينار ليبي للمتر المربع وبفترة استرداد 2.3 سنة. وبالتالي يتضح من هذه النتائج أنه رغم ارتفاع تكلفة البولسترين عن الصوف الحراري فإن استخدام الأول كان ذا جدوى أعلى وذلك بسبب أن سمك العازل كان أقل وكذلك تكلفة العازل والتكلفة الكلية وفترة الاسترداد. وعلى أي حال فبغض النظر عن سمك العازل فإن الفرق في التكلفة الكلية بين العازلين لم يتجاوز 6% في جميع المدن الداخلة في الدراسة.



شكل 6: الطاقة المستهلكة سنويا في التدفئة

كمية الطاقة المستهلكة سنويا تعتبر من أهم المؤشرات الدالة على جدوى استخدام العازل الحراري. إن هناك توجه دولي للحفاظ على الطاقة للوصول إلى مبدأ الاستدامة. الشكل 6 يوضح الطاقة المستهلكة سنويا بالكيلوواط-ساعة للمتر المربع من مساحة الجدران للمدن الثلاثة وذلك في حالة: عدم استخدام العازل الحراري، وباستخدام الصوف الصخري، وباستخدام البولسترين. يوضح الشكل أن استخدام العوازل الحرارية قد يؤدي إلى توفير في الطاقة المستخدمة للتدفئة بنسبة تراوحت بين 77% إلى 86%. هذه القيم في توفير الطاقة المستخدمة للتدفئة تعتبر قيمة مشجعة جدا لاستخدام العوازل الحرارية. وبالتالي فإنه من الجدير بالاهتمام أن تعمل الدولة على إصدار القوانين والتشريعات الخاصة بالعزل الحراري للجدران للتوفير من الطاقة.

الخلاصة

تم في هذه الورقة تحديد السمك الأمثل للعازل الحراري في ثلاث مدن ليبية متباينة من ناحية الظروف المناخية، ألا وهي طرابلس ويفرن وسبها وذلك بتحليل الناحية الاقتصادية باستخدام طريقة

تحليل تكلفة دورة الحياة لنوعين مختلفين من العوازل وهي البولسترين والصوف الصخري. أوضحت الدراسة أن الأسعار الحالية المدعومة للكهرباء لا تعطي حافزا للمستهلك للبحث عن سبل توفير الطاقة باستخدام العوازل الحرارية وخاصة في غياب إصدار القوانين والتشريعات الخاصة بالعزل الحراري لجدران المباني. وأظهرت النتائج أن السمك الأمثل للعازل تراوح بين 7.2 و 14.7 سم والذي أدى إلى توفير في استهلاك للطاقة بين 6.6 و 16.2 دينار في فترة استرداد جيدة تراوحت من 1.5 إلى 2.3 سنة. كانت أعلى قيمة في توفير الطاقة في مدينة يفرن عندما تم استخدام البولسترين كمادة عازلة. ووجد أن عازل البولسترين كان هو المفضل في جميع المواقع بسمك أقل، وكذلك بتكلفة وفترة استرداد أقل ولكن بنسب متقاربة.

المراجع

- [1] Yıldız, Y., and Arsan, Z. D. Identification of the Building Parameters that Influence Heating and Cooling Energy Loads for Apartment Buildings in Hot-Humid Climates. *Energy* 2011. Vol. 36(7), pages 4287- 4296.
- [2] Anonymous, Statistics 2012, Annual Report. General Electricity Company of Libya 2012. Tripoli-Libya
- [3] Bolatturk A. Determination of Optimum Insulation Thickness for Building Walls with Respect to Various Fuels and Climate Zones in Turkey, *Applied Thermal Engineering* 2006. Vol. 26 (11) pages 301–1309.
- [4] Al-Sallal K.A. Comparison between Polystyrene and Fiberglass Roof Insulation in Warm and Cold Climates. *Renewable Energy* 2003. Vol. 28, pages 603–61.
- [5] Yu J., Yang C., Tian L., and Liao D. A Study on Optimum Insulation Thickness of External Walls in Hot Summer and Cold Winter Zone of China. *Applied Energy* 2009. Vol. 86, pages 2520-2529
- [6] Daouas, N. A study on optimum insulation thickness in walls and energy savings in Tunisian buildings based on analytical calculation of cooling and heating transmission loads. *Applied Energy* 2011. 88(1): 156-164.
- [7] Daouas, N., Z. Hassen and H.B. Aissia, Analytical periodic solution for the study of thermal performance and optimum insulation thickness of building walls in Tunisia. *Applied Thermal Engineering* 2010. 30(4): 319-326.
- [8] Farzane, G., Hamid, R., and Eghbal, S. Impact of Insulation on Reduction of Energy Consumption in Buildings Based on Climate in Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2014. 14 (2): 97-103,
- [9] Ucar A. and Balo F. Determination of environmental impact and optimum thickness of insulation for building walls. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 2011. 30:113-122.

- [10] McQuiston F., JParker J., and Spitler J. Heating, ventilating, and air-conditioning analysis and design. John Wiley & Sons 2000.
- [11] Anonymous, Datasets. The National Meteorological Center 2014. Tripoli.
- [12] Zaed M., and Agha K. The impact of Energy Pricing on Renewable Energy in Deployment. Ministry of Electricity General Electric Company of Libya 2012. Tripoli – Libya.
- [13] الساحلي، الحسين عثمان وبحر، أحمد البشير. دراسة السمك الأفضل للعزل الحراري في المباني. مشروع تخرج. قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية – جامعة طرابلس. طرابلس - ليبيا. 2014.